



(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : <p style="text-align: center;">B23K 26/00, 26/14</p>	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 92/03249 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 5. März 1992 (05.03.92)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE91/00598 (22) Internationales Anmeldedatum: 23. Juli 1991 (23.07.91) (30) Prioritätsdaten: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>G 90 11 959.2 U</div> <div>17. August 1990 (17.08.90)</div> <div>DE</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>P 41 15 561.0</div> <div>13. Mai 1991 (13.05.91)</div> <div>DE</div> </div> (71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (DE/DE); Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE). (72) Erfinder: KRÖHNERT, Gerhard ; Siedlungsstraße 65, D-2361 Todesfelde (DE). (74) Anwalt: SIEMENS AG; Postfach 22 16 34, D-8000 München 22 (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), BR, CA, CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, KR, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>

(54) Title: DEVICE AND PROCESS FOR LASER-WELDING A PIPE

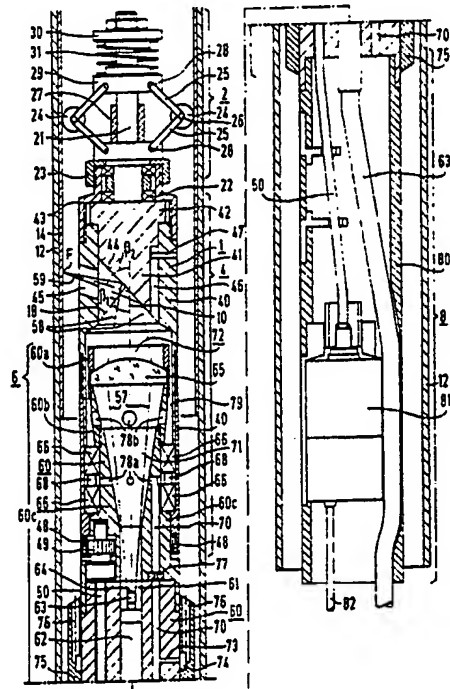
(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM LASERSCHWEISSEN EINES ROHRES

(57) Abstract

Described is a device for laser-welding a pipe (14) round its inner periphery, with a probe (1) which can be inserted in the pipe (14) and with means (73-76), located inside the probe (1), by means of which part of an inert-gas stream flowing inside the probe (1) is diverted before it reaches an outlet port (45) for a focussed and reflected laser beam (59) and is passed over the outside surface of the probe (1) with a longitudinal component of the stream oriented towards the outlet port (45). This reduces the tendency of the welding material to deposit round the outlet port (45) and inside the probe (1).

(57) Zusammenfassung

Eine Vorrichtung zum Laserschweißen eines Rohres (14) entlang seinem Innenumfang mit einer in das Rohr (14) einführbaren Sonde (1), enthält innerhalb der Sonde (1) angeordnete Mittel (73-76) mit denen ein Teil eines sich in ihrem Inneren ausbreitenden Schutzgasstromes vor Erreichen einer Austrittsöffnung (45) für ein fokussiertes und umgelenktes Laserstrahlbündel (59) abgezweigt und mit einer zur Austrittsöffnung (45) hin gerichteten axialen Strömungskomponente zur Außenoberfläche der Sonde (1) geführt wird. Dadurch wird ein Niederschlag von Schweißgut im Bereich der Austrittsöffnung (45) und im Innern der Sonde (1) verringert.



PCT AVAILABLE COPY

1

Vorrichtung und Verfahren zum Laserschweißen eines Rohres

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Laserschweißen eines Rohres entlang seinem Innenumfang mit einer in das Rohr einföhrbaren Sonde.

- 10 Eine Vorrichtung zum Laserschweißen eines Rohres mit einer in das Rohr einföhrbaren Sonde ist beispielsweise aus der EP-A1-0 300 458 bekannt. Die dort offenbarte Sonde ist über einen Lichtwellenleiter mit einem Nd:YAG-Festkörperlaser verbunden. Das innerhalb der Sonde aus einem Ende des Licht-
- 15 wellenleiters austretende Laserlicht wird durch ein aus mehreren Linsen bestehendes Linsensystem und einen Umlenkspiegel auf einen außerhalb der Sonde liegenden Brennpunkt fokussiert. Der Umlenkspiegel ist unter einem Winkel von 45° gegen die Längsachse der Sonde geneigt und lenkt den durch das Linsen-
- 20 system fokussierten und sich innerhalb der Sonde zwischen dem Linsensystem und dem Umlenkspiegel ausbreitenden Laserstrahl um 90° um. Der umgelenkte Laserstrahl verläßt die Sonde durch eine im Gehäuse der Sonde radial angeordnete zylindrische Austrittsöffnung. Die Sonde ist außerdem mit einem Strömungs-
- 25 kanal für ein Schutzgas versehen, das in der Gehäusewand der Sonde verläuft, in die Austrittsöffnung mündet, und in den Raum zwischen dem Umlenkspiegel und dem Schweißort ausströmt.

Bei dieser bekannten Vorrichtung wird somit der Schutzgasstrom

30 unmittelbar gegenüber der Schweißstelle in einen ins Innere der Sonde gerichteten Teilgasstrom und einen zur Schweißstelle hin gerichteten Teilgasstrom aufgespalten. Dies führt zu einer Wirbelbildung im Bereich der Austrittsöffnung, so daß sich Schweißdampf oder Schweißplasma und insbesondere bei Verwen-

35 dung eines gepulsten Lasers aus der Schmelze ausgelöste

- 1 Tropfen auf dem Umlenkspiegel und an der Austrittsöffnung
niederschlagen können und die Lebensdauer der Sonde wesentlich
verkürzen.
- 5 Der Erfindung liegen nun die Aufgaben zugrunde, eine Vorrich-
tung und ein Verfahren zum Laserschweißen eines Rohrs entlang
seinem Innenumfang mit einer in das Rohr einführbaren Sonde
anzugeben, mit denen ein Niederschlag von Schweißdampf auf dem
Umlenkspiegel und im Bereich der Austrittsöffnung weitgehend
10 verringert sind.

Die genannten Aufgaben werden gemäß der Erfindung jeweils mit
den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. 16 gelöst. Eine in das
Rohr einführbare Sonde gemäß der Erfindung enthält

- 15 a) wenigstens ein Abbildungselement zum Fokussieren und Um-
lenken eines sich innerhalb der Sonde im wesentlichen
entlang ihrer Längsachse ausbreitenden Laserstrahlbündels,
- 20 b) eine Austrittsöffnung durch die ein von dem Abbildungs-
element erzeugtes umgelenktes fokussiertes Laserstrahl-
bündel aus der Sonde austritt,
- 25 c) innerhalb der Sonde angeordnete Mittel zum Führen eines
Schutzgasstromes bis zur Austrittsöffnung, der wenigstens
zu einem Teil durch die Austrittsöffnung ausströmt, sowie
- 30 d) Mittel mit denen ein Teil des sich innerhalb der Sonde
ausbreitenden Schutzgasstromes vor Erreichen der Austritts-
öffnung abzweigbar und mit einer zur Austrittsöffnung hin
gerichteten axialen Strömungskomponente zur Außenoberfläche
der Sonde führbar ist.

Dadurch ergibt sich zwischen der Außenwand der Sonde und dem
Innenumfang des Rohres eine axial gerichtete Strömung, mit
35 der aus der Schweißschmelze austretendes Schweißgut rasch aus
dem Bereich der Austrittsöffnung in Richtung zum Kopf der

- 1 Sonde hin geführt wird. Dadurch wird der Niederschlag von
Schweißdampf im Bereich der Austrittsöffnung und auf den Ab-
bildungselementen verringert.
- 5 In einer bevorzugten Ausführungsform sind innerhalb der Sonde
Mittel zur Einstellung des Mengenverhältnisses der beiden
Teilgasströme, insbesondere eine in einem Strömungskanal für
einen Teilgasstrom angeordnete Reduzierdüse, vorgesehen.
- 10 In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist zur
Führung des nach außen abgezweigten Teilgasstromes eine die
Sonde umgebende Hülse vorgesehen, die an ihrer Innenoberfläche
mit einer Ringnut versehen ist, in die ein in der Sonde ver-
laufender Strömungskanal für den Teilgasstrom mündet. Die
15 Hülse ist mit axialen Bohrungen versehen, die sich von der dem
Kopf der Sonde zugewandten Stirnfläche der Hülse bis zur Ring-
nut erstrecken. Dadurch ergibt sich ein besonders homogener
axialer Schutzgasstrom in den zwischen Sonde und Rohr befind-
lichen Zwischenraum.
- 20 Ein Niederschlag von verdampfendem Schweißgut auf dem Umlenk-
spiegel wird in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung
dadurch zusätzlich verringert, daß Mittel vorgesehen sind, mit
denen von einem sich innerhalb der Sonde ausbreitenden Schutz-
25 gasstrom an der Austrittsöffnung ein Teilgasstrom abgezweigt
und durch innerhalb der Sonde liegende Kanäle geführt wird.
- Insbesondere ist vorgesehen, daß die Kanäle in eine Ausnehmung
des Umlenkspiegels münden, die sich unmittelbar gegenüber der
30 Austrittsöffnung befindet.
- In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung
ist ein Abbildungselement vorgesehen, das ein in einem außer-
halb der Sonde liegenden Brennpunkt fokussiertes umgelenktes
35 Laserstrahlbündel erzeugt, dessen Ausbreitungsrichtung schräg
zur Längsachse orientiert ist. Als Abbildungselement ist

1 dabei eine optische Komponente zu verstehen, mit der die Ausbreitungsrichtung eines Laserstrahles geändert werden kann, beispielsweise ein Planspiegel, ein Spiegel mit gekrümmter Oberfläche oder eine Linse.

5

Durch die schräge Auskopplung des umgelenkten Laserstrahlbündels wird vermieden, daß sich die Austrittsöffnung unmittelbar gegenüber dem Schweißort befinden muß, so daß der Niederschlag von Schweißdampf im Bereich der Austrittsöffnung und

10 im Innern der Sonde verringert ist.

Der Neigungswinkel des umgelenkten Laserstrahls gegen die Längsachse der Sonde beträgt vorzugsweise zwischen 60° und 80° . Dadurch ist gewährleistet, daß auch bei einer großen

15 Austrittsöffnung für das Laserlicht ein Zurückreflektieren des Laserlichtes in das Innere der Sonde praktisch vermieden ist.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist in der Sonde zum Umlenken des fokussierten Laserstrahles ein Umlenkspiegel mit ebener Spiegelfläche vorgesehen, deren Oberflächennormale gegen die Längsachse der Sonde einen Winkel einschließt, der größer als 45° ist, vorzugsweise zwischen 50° und 60° beträgt.

25 In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist ein konkaver Umlenkspiegel vorgesehen, der sowohl zur Fokussierung als auch zum Umlenken der sich im Mittel entlang der Längsachse der Sonde ausbreitenden Laserstrahlen vorgesehen ist. Dadurch ist der Querschnitt des auf den Umlenkspiegel auftreffenden Laserstrahlenbündels gegenüber der Ausführungsform mit einem ebenen

30 Umlenkspiegel vergrößert. Die pro Flächeneinheit auf dem Umlenkspiegel auftreffende Strahlungsleistung und somit auch die lokale Aufheizung des Umlenkspiegels sind dadurch reduziert.

35

- 1 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind zur Verbesserung der Abbildungseigenschaften des Abbildungssystems bei einer über einen Lichtwellenleiter mit einem Laser optisch gekoppelten Sonde zwischen dem Ende des Lichtwellenleiters und
5 dem konkaven Umlenkspiegel Mittel zum Kollimieren des aus dem Lichtwellenleiter austretenden Laserstrahlbündels vorgesehen.

Insbesondere ist ein Umlenkspiegel aus einem Werkstoff mit hoher Wärmeleitfähigkeit, vorzugsweise Kupfer Cu, vorgesehen.

- 10 Durch diese Maßnahme wird die thermische Belastung des Umlenkspiegels weiter verringert und somit die Haltbarkeit der Reflektorschicht zusätzlich erhöht.

- 15 In einer bevorzugten Ausführungsform ist zum Auskoppeln des umgelenkten Laserstrahlbündels aus der Sonde eine Austrittsöffnung vorgesehen, die einem aus ihr ausströmenden Schutzgasstrom eine axial gerichtete Strömungskomponente erteilt.

- 20 Ein Verfahren zum Laserschweißen eines Rohres entlang seinem Innenumfang umfaßt folgende Merkmale:

- a) aus einem sich innerhalb einer in das Rohr eingeführten Sonde im wesentlichen entlang ihrer Längsachse ausbreitenden Laserstrahlbündel wird ein umgelenktes und auf eine
25 Stelle am Innenumfang des Rohres fokussiertes Laserstrahlbündel erzeugt,
- b) das Laserstrahlbündel tritt durch eine Austrittsöffnung aus der Sonde aus,
- 30 c) der Sonde wird ein Schutzgasstrom zugeführt, der in ihrem Inneren in Richtung zur Austrittsöffnung strömt, wobei
- d) ein Teil des Schutzgasstromes durch die Austrittsöffnung
35 ausströmt und

- 1 e) ein weiterer Teil vor Erreichen der Austrittsöffnung abge-
zweigt wird und mit einer axialen Strömungskomponente in
den zwischen dem Rohr und der Sonde befindlichen Zwischen-
raum geleitet wird.

5

- Eine zusätzliche Verringerung von Schweißgut-Niederschlag auf
dem Umlenkspiegel wird dadurch erreicht, daß von dem sich
innerhalb der Sonde zur Austrittsöffnung strömenden Schutzgas
innerhalb der Sonde an der Austrittsöffnung ein weiterer
10 Teilgasstrom mit einer axial gerichteten Strömungskomponente
abgezweigt wird, der sich innerhalb der Sonde ausbreitet.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird das
Laserstrahlbündel schräg zur Längsachse der Sonde umgelenkt.

15

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens
ist die Verwendung eines im cw-Betrieb arbeitenden Festkörper-
lasers vorgesehen. Dadurch wird ein Auslösen von Tropfen aus
der Schweißschmelze vermieden.

20

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Ausführ-
ungsbeispiele der Zeichnung verwiesen, in deren

- Figur 1 eine in das Rohr eingeführte Sonde gemäß der Erfindung
25 in einem Längsschnitt veranschaulicht ist. In

Figuren 2, 3 und 4 zeigen jeweils in einem vergrößerten
Ausschnitt vorteilhafte Ausgestaltungen der Sonde im Bereich
der Umlenkeinrichtung.

30

- Entsprechend FIG 1 enthält eine Sonde 1 gemäß der Erfindung
eine Zentriereinheit 2, eine Umlenkeinheit 4, eine Fokussier-
einheit 6 sowie eine Antriebseinheit 8, die hintereinander
entlang einer Längsachse 10 der Sonde 1 angeordnet sind. Die
35 Sonde 1 ist in ein zu bearbeitendes Rohr 12 eingeführt und
ragt mit ihrem die Umlenkeinheit 4 enthaltenden Kopfteil in

- 1 das Innere eines in das Rohr 12 eingefügten Sleeverohres 14,
das mit dem Rohr 12 verschweißt werden soll.

Die Zentriereinheit 2 umfaßt eine Welle 21, die am kopfsei-
5 tigen Ende der Sonde 1 über Kugellager 22 drehbar auf der
Umlenkeinheit 4 gelagert und mit einer Überwurfmutter 23 in
axialer Richtung fixiert ist. Die Zentriereinheit enthält
wenigstens drei Rollen 24, von denen nur zwei in der Figur
dargestellt sind, und die jeweils federnd über ein Drehgelenk-
10 getriebe mit zwei Gliedern 25 gelagert sind. Die beiden Glie-
der 25 bilden das Schenkelpaar eines gleichschenkligen Drei-
ecks und berühren sich in einem die Rolle 24 aufnehmenden
Drehgelenk 26. Auf der Welle 21 sind die beiden Glieder 25
ebenfalls über Drehgelenke 28 verschiebbar gelagert sind.
15 Eines dieser beiden Drehgelenke 28 ist kraftschlüssig an einen
beweglichen Flansch 29 gekoppelt, der die Welle 21 umgibt. An
der Welle 21 ist an ihrem freien Ende ein weiterer Flansch 30
befestigt. Zwischen dem Flansch 29 und dem Flansch 30 ist eine
Spiralfeder 31 angeordnet, so daß eine radial nach innen ge-
20 richtete Bewegung der Rolle 26 gegen die Wirkung dieser Spi-
ralfeder 31 erfolgt. Eine auf der Welle 21 angeordnete
Distanzhülse 27 verhindert das Zusammenklappen des Drehge-
lenkes 26 und erleichtert das Einführen der Sonde 1 in das
Rohr 12.

25

Die Umlenkeinheit 4 umfaßt ein zylindrisches Gehäuse 40, in
dem ein Umlenkspiegel 41 angeordnet ist. Der Umlenkspiegel 41
besteht aus einem massiven zylindrischen Kupferblock, der an
seinem der Zentriereinheit 2 zugewandten Ende eine flansch-
30 artige Erweiterung 42 hat, die zur axialen Fixierung des Um-
lenkspiegels 41 mit einer Überwurfmutter 43 dient. Der Kupfer-
block ist an seinem von der flanschartigen Erweiterung 42 ab-
gewandten Ende mit einer schräg zu seiner Längsachse orien-
tierten Stirnfläche versehen. Diese Stirnfläche ist mit einem
35 spiegelnden Überzug beschichtet und bildet eine Spiegelfläche
44. Als spiegelnder Überzug ist beispielsweise eine dielek-

1 trische Schicht, vorzugsweise Titannitrid TiN, oder eine
metallische Schicht, vorzugsweise aufgedampftes Gold Au, vor-
gesehen. Die reflektierende Schicht kann zusätzlich noch mit
einer Schutzschicht aus Quarz versehen sein.

5 Die Spiegelfläche 44 ist innerhalb der Sonde 1 derart angeord-
net, daß ihre Normale 18 mit der Längsachse 10 der Sonde einen
Winkel β_1 einschließt, der größer als 45° ist, vorzugsweise
zwischen 50° und 60° beträgt. Ein sich im Mittel entlang der
10 Längsachse 10 ausbreitendes und auf die Spiegelfläche 44 auf-
treffendes Laserstrahlbündel 58 wird somit schräg nach vorne
umgelenkt. Der Mittenstrahl des umgelenkten Laserstrahlbün-
dels 59 tritt gegenüber der Längsachse 10 unter einem Winkel
 β_2 zwischen 60° und 80° aus dem Gehäuse 40 durch eine Aus-
15 trittsöffnung 45 aus. Im Beispiel der Figur ist als Austritts-
öffnung 45 eine ebenfalls schräg zur Längsachse 10 verlaufende
Bohrung vorgesehen.

Der Umlenkspiegel 41 ist außerdem durch eine parallel zu sei-
20 ner Längsrichtung 10 verlaufenden Nut 46 sowie einen Paßstift
47 gegen ein Verdrehen im Gehäuse 40 gesichert.

Durch die Verwendung eines massiven Kupferblockes als Umlenk-
spiegel 41 wird die Aufheizung der Spiegelfläche durch den
25 Laserstrahl 58 verringert und die Lebensdauer der Verspie-
gelung erhöht.

Das Gehäuse 40 der Umlenkeinheit 4 ist an seinem vom Umlenk-
spiegel 41 abgewandten Ende am Innenumfang mit einem Zahnkranz
30 48 versehen, in den ein von der Antriebseinheit 8 aus ange-
triebenes Ritzel 49 eingreift. Dieses Ritzel 49 ist drehmo-
mentschlüssig mit einer biegsamen Welle 50 verbunden, die an
die Antriebswelle eines in der Antriebseinheit 8 angeordneten
Elektromotors 81 gekoppelt ist. Über das vom Elektromotor 81
35 angetriebene Ritzel 49 wird das Gehäuse 40 in eine Drehbe-
wegung versetzt, so daß die Stelle F, an der das austretende

- 1 Laserstrahlbündel 59 auf dem Innenmantel des zu schweißenden
Sleeverohres 14 auftrifft, in Umfangsrichtung bewegt wird und
eine Kreisbahn beschreibt.
- 5 Zwischen der Umlenkeinheit 4 und der Antriebseinheit 8 ist die
Fokussiereinheit 6 angeordnet, deren Gehäuse 60 starr mit dem
Gehäuse 80 der Antriebseinheit 8 verbunden ist. Das Gehäuse 60
enthält eine zentrale Bohrung 61, in die auf der der Antriebs-
einheit 8 zugewandten Seite eine Hülse 62 zur Aufnahme eines
10 Lichtwellenleiters 63 eingelegt ist. Der Lichtwellenleiter 63
mündet mit seinem freien Ende 64 in der Bohrung 61 und wird
durch die Hülse 62 axial zentriert. Mit seinem anderen Ende
ist der Lichtwellenleiter 63 an einen in der Figur nicht dar-
gestellten Laser, vorzugsweise ein Festkörperlaser, insbe-
15 sondere ein Nd:YAG-Festkörperlaser, gekoppelt.

Am dem Umlenkspiegel 41 zugewandten Ende der Fokussiereinheit
6 ist ein Fokussierelement, vorzugsweise eine Linse 65 oder
ein Linsensystem, angeordnet, die ein aus dem Ende 64 des
20 Lichtwellenleiters 63 austretendes divergentes Laserstrahl-
bündel 57 fokussiert. Die Lage des Fokus F des Laserstrahl-
bündels 59 kann durch die Veränderung des Abstandes zwischen
dem Ende 64 und der Linse 65 justiert werden.

- 25 Das Gehäuse 40 umgreift das Gehäuse 60 im Bereich der Linse
65 und ist über Kugellager 66 und Distanzhülsen 68 auf dem
Gehäuse 60 drehbar gelagert und mit ihm axial kraftschlüssig
verbunden. Durch die Drehung des Ritzels 49 wird somit nur das
die Umlenkeinheit 41 tragende Gehäuse 40 in Drehbewegung ver-
30 setzt. Die Linse 65 und der Lichtwellenleiter 63 nehmen an
dieser Drehbewegung nicht teil.

- Die Linse 65 wird von mehreren kraftschlüssig miteinander
verbundenen und nicht rotierenden Gehäuseteilen 60a, 60b, 60c
35 getragen, die in das Innere des Gehäuses 40 hineinragen. Die
Gehäuseteile 60b und 60c bilden einen annähernd V-förmigen

1 Zwischenraum 71, der über Bohrungen 78a mit einem im Gehäuse-
teil 60c angeordneten Strömungskanal 70 verbunden ist. Dieser
Strömungskanal 70 führt Schutzgas, beispielsweise Argon, in
den zwischen Linse 65 und dem freien Ende 64 des Lichtwellen-
5 leiters 63 befindlichen Zwischenraum 71. Im Strömungskanal 70
ist eine querschnittsverengende Reduzierdüse 77 eingelegt. Das
im Strömungskanal 70 oberhalb der Reduzierdüse 77 strömende
Schutzgas tritt über die Bohrungen 78a in den Zwischenraum 71
ein, verläßt über weitere Bohrungen 78b im Gehäuseteil 60b den
10 Zwischenraum 71, tritt in einen Ringkanal 79 aus und gelangt
von dort in den zwischen Linse 65 und Umlenkspiegel befindli-
chen Zwischenraum 72.

Das auf diese Weise die Linse 65 umströmende und am Umlenk-
15 spiegel 41 vorbeiströmende Schutzgas verläßt die Sonde durch
die Austrittsöffnung 45. Dadurch wird nicht nur die Schweiß-
stelle mit Schutzgas beblasen, sondern außerdem eine Kühlung
der von den Laserstrahlen 57 und 58 beaufschlagten Abbil-
dungselemente bewirkt. Außerdem wird durch den nach außen
20 gerichteten Schutzgasstrom ein Niederschlag von Schweißdampf
auf dem Umlenkspiegel verhindert.

Die Austrittsöffnung 45 wird im Beispiel der Figur auch eine
in der Wand des Gehäuses 40 schräg nach vorne gerichtete Boh-
25 rung gebildet. Dadurch erhält das durch die Austrittsöffnung
45 strömende Schutzgas zusätzlich eine axiale Strömungskomp-
nente, die ein Wegführen des Schweißdampfes aus dem Bereich
der Austrittsöffnung 45 unterstützt.

30 Der Strömungskanal 70 ist außerdem mit einem radial abzweigen-
den Strömungskanal 73 verbunden, der in eine Ringnut 74 einer
das Gehäuse 60 umgebenden Hülse 75 mündet. Die Hülse 75 bildet
eine manschettenförmige Erweiterung der Sonde 1. Parallel zur
Längsachse 10 der Sonde 1 ist die Hülse 75 mit mehreren Boh-
35 rungen 76 versehen, die eine Verbindung zur Ringnut 74 her-
stellen. Durch den Querkanal 73 wird von dem ausgehend von der

1 Antriebseinheit 8 in den Strömungskanal 70 eintretenden
Schutzgasstrom ein radialer Teilgasstrom abgezweigt, der in
der Ringnut 74 in eine axiale Richtung umgelenkt wird und an
der der Umlenkeinheit 4 zugewandten Stirnfläche der Hülse 75
5 in den zwischen dem Rohr 12 und dem Außenmantel der Sonde 1
befindlichen Kanal austritt. Dadurch ist die Aufrechterhaltung
einer effektiven Schutzgasatmosphäre im Bereich der Schweiß-
stelle gewährleistet. Außerdem wird der beim Aufschmelzen
entstehende Schweißdampf durch die Axialströmung wirksam von
10 der Schweißstelle abgeführt und die Gefahr, daß sich Schweiß-
dampf im Innern der Sonde 1 niederschlägt, wird verringert.

Zum Einstellen des Mengenverhältnisses zwischen dem sich
innerhalb der Sonde 1 zum Umlenkspiegel 41 hin strömenden
15 Schutzgasstrom und dem radial nach außen abgeführten Schutz-
gasstrom ist die in den Strömungskanal 70 eingelegte Redu-
zierdüse 77 vorgesehen.

Das Gehäuse 80 der Antriebseinheit 8 ist an seinem von der
20 Fokussiereinheit 6 abgewandten Ende zur Aufnahme eines in der
Figur nicht dargestellten Schubschlauches vorgesehen, durch
den das Schutzgas zur Sonde transportiert wird, und der den
Lichtwellenleiter 63 und die zur elektrischen Versorgung des
Elektromotors 81 erforderlichen Leitungen 82 aufnimmt.

25

Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 2 ist ein Umlenkspiegel 41
mit einer zentralen Bohrung 51 versehen, die ausgehend von der
flanschartigen Erweiterung 42 in das Innere des Umlenkspiegels
41 geführt ist und durch eine schräg nach außen verlaufende
30 und an der Spiegelfläche 44 im Bereich der Austrittsöffnung 45
in eine Ausnehmung 56 austretende Bohrung 52 verbunden ist.
Die flanschartige Erweiterung 42 ist an ihrer der Überwurf-
mutter 43 zugewandten Stirnfläche mit mehreren radialen Nuten
54 versehen. Diese radialen Nuten 54 stellen eine Verbindung
35 zwischen der zentralen Bohrung 51 und innerhalb der Über-

- 1 wurfmutter 43 schräg nach außen verlaufenden Bohrungen 55
her.

Der sich entlang dem Umlenkspiegel 41 innerhalb des Gehäuses
5 40 ausbreitende Schutzgasstrom wird somit vor Verlassen des
Gehäuses durch die Austrittsöffnung 45 nochmals aufgespalten.
Ein Teilgasstrom gelangt über die Bohrung 52 in die Bohrung 51
des Umlenkspiegels 41 und tritt über die Bohrungen 55 in der
Überwurfmutter 43 aus der Sonde 1 aus. Durch diesen Gasstrom
10 im Inneren des Umlenkspiegels 41 wird die Kühlung des Umlenkspiegels 41 verbessert und seine Lebensdauer erhöht.

Die Austrittsöffnung 45 und die Ausnehmung 56 schließen unmittelbar aneinander an, so daß ein vom strömenden Schutzgas
15 nicht erfaßter Totraum vermieden ist. Solche Toträume zwischen Umlenkspiegel 41 und der Gehäusewand, in der die Austrittsöffnung 45 angeordnet ist, würden nämlich zu einer Verwirbelung und somit zu einer Erhöhung des Niederschlags von Schweißgut auf der Spiegelfläche 44 führen.

20

Der Figur ist außerdem zu entnehmen, daß das aus der Sonde 1 austretende Laserstrahlbündel 59 im Fokus F schräg zur Innenoberfläche des Rohres 14 auftrifft. Zwischen der vom Fokus F ausgehenden, senkrecht auf der Innenoberfläche des Rohres 14
25 stehenden Normalen 16 und dem Mittenstrahl des austretenden Laserbündels 59 ist vorzugsweise ein Winkel β vorgesehen, der zwischen 10° und 30° beträgt.

Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 3 ist in der Umlenkeinheit 4
30 ein Umlenkspiegel 141 vorgesehen, dessen Spiegelfläche 144 konkav gekrümmt ist. Der Umlenkspiegel 141 dient in dieser Ausführungsform sowohl zum Umlenken des sich in der innerhalb der Sonde ausbreitenden Laserstrahlbündels 58 als auch zum Fokussieren dieses Laserstrahlbündels 58 auf einen außerhalb
35 der Sonde 1 liegenden Brennpunkt F. In dieser Ausführungsform ist eine Linsenanordnung zum Fokussieren der aus dem Licht-

1 wellenleiter austretenden Laserstrahlen nicht mehr erforder-
lich.

Entsprechend FIG 4 kann einem konkaven Ulenkspiegel 141a eine
5 Kollimatorlinse 65a vorgeschaltet sein, die ein aus dem
Lichtwellenleiter 63 austretendes Laserstrahlbündel 57 zu
einem parallelen Bündel 58a kollimiert, das dann vom Ulenk-
spiegel 141a fokussiert und umgelenkt wird. Dadurch wird bei
gleicher Entfernung des Fokus F vom Ulenkspiegel 141a ein
10 größerer Abstand zwischen dem Lichtwellenleiter 63 und dem
Ulenkspiegel 141a ermöglicht.

15

20

25

30

35

1 Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Laserschweißen eines Rohres (12, 14) entlang seinem Innenumfang mit einer in das Rohr (12, 14) einführbaren Sonde (1) mit
- 5 a) wenigstens einem Abbildungselement (41, 65) zum Fokussieren und Umlenken eines sich innerhalb der Sonde (1) im wesentlichen entlang ihrer Längsachse (10) ausbreitenden Laserstrahlbündels (57),
- 10 b) einer Austrittsöffnung (45) durch das ein von dem Abbildungselement (41, 65) erzeugtes umgelenktes fokussiertes Laserstrahlbündel (59) aus der Sonde (1) austritt,
- 15 c) innerhalb der Sonde (1) angeordneten Mitteln (70, 78a, 78b, 79) zum Führen eines Schutzgasstromes bis zur Austrittsöffnung (45), der wenigstens zu einem Teil durch die Austrittsöffnung (45) ausströmt, sowie
- 20 d) Mittel (73, 74, 76) mit denen ein Teil des sich innerhalb der Sonde (1) ausbreitenden Schutzgasstromes vor Erreichen der Austrittsöffnung (45) abzweigbar und mit einer zur Austrittsöffnung (45) hin gerichteten axialen Strömungskomponente zur Außenoberfläche der Sonde (1) führbar ist.
- 25 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß innerhalb der Sonde (1) Mittel (77) zur Einstellung des Mengenverhältnisses der beiden Teilgasströme vorgesehen sind.
- 30 3. Vorrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in einem Strömungskanal (70) für einen Teilgasstrom eine Reduzierdüse (77) vorgesehen ist.
- 35 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zur

1 Führung des nach außen abgezweigten Teilgasstromes eine die
Sonde (1) umgebende Hülse (75) vorgesehen ist, die an ihrer
Innenoberfläche mit einer Ringnut (74) versehen ist, in die
5 Teilgasstrom mündet und die mit axialen Bohrungen (76) ver-
sehen ist, die sich von der dem Kopf der Sonde (1) zugewandten
Stirnfläche der Hülse (75) bis zur Ringnut (74) erstrecken.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da-
10 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß Mittel vor-
gesehen sind, mit denen von einem sich innerhalb der Sonde (1)
ausbreitenden Schutzgasstrom an der Austrittsöffnung (45) ein
Teilgasstrom abgezweigt und durch innerhalb der Sonde (1)
liegende Kanäle (53, 54, 55) geführt wird.

15

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, d a d u r c h g e-
k e n n z e i c h n e t , daß die Kanäle (53, 54, 55) in
eine Ausnehmung (56) des Umlenkspiegels (41, 141) münden,
die sich unmittelbar gegenüber der Austrittsöffnung (45)
20 befindet.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß ein
Abbildungselement (41, 65) vorgesehen ist, das ein in einem
25 außerhalb der Sonde (1) liegenden Brennpunkt (F) fokussiertes
umgelenktes Laserstrahlbündel (59) erzeugt, dessen Ausbrei-
tungsrichtung schräg zur Längsachse (10) orientiert ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n-
30 z e i c h n e t , daß der Neigungswinkel (B2) des Mitten-
strahls des umgelenkten Laserstrahlbündels (59) gegen die
Längsachse (10) im Mittel zwischen 60° und 80° beträgt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n-
35 z e i c h n e t , daß die Sonde (1) eine Fokussiereinheit
(6) mit wenigstens einer Linse (65) sowie eine Umlenkeinheit

- 1 (4) mit einem Umlenkspiegel (41) mit einer ebenen Spiegel-
fläche (44) enthält, deren Oberflächennormale (18) gegen die
Längsachse (10) der Sonde (1) einen Winkel (β_1) einschließt,
der größer als 45° ist.
- 5 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, d a d u r c h g e-
k e n n z e i c h n e t , daß dieser Winkel (β_1) zwischen
 50° und 60° beträgt.
- 10 11. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Sonde (1) einen konk-
aven Umlenkspiegel (141) enthält, der sowohl zur Fokussierung
als auch zum Umlenken des Laserstrahlbündels (57) vorgesehen
ist.
- 15 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, d a d u r c h g e-
k e n n z e i c h n e t , daß bei einer über einen Licht-
wellenleiter (63) mit einem Laser optisch gekoppelten Sonde
(1) zwischen dem Ende (64) des Lichtwellenleiters (63) und dem
20 konkaven Umlenkspiegel (141) Mittel zum Kollimieren des aus
dem Lichtwellenleiter (63) austretenden Laserstrahlbündels
(57) vorgesehen sind.
- 25 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, d a-
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Umlenk-
spiegel (41, 141) aus einem Werkstoff mit hoher Wärmeleit-
fähigkeit besteht.
- 30 14. Vorrichtung nach Anspruch 13, d a d u r c h g e-
k e n n z e i c h n e t , daß die Spiegeloberfläche (44,
144) des Umlenkspiegels (41 bzw. 141) mit Gold Au bedampft
ist.
- 35 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 14, d a-
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zum Aus-
koppeln des umgelenkten Laserstrahlbündels (59) aus der Sonde

- 1 (1) eine Austrittsöffnung (45) vorgesehen ist, die einem aus
ihr ausströmenden Schutzgasstrom eine axial gerichtete
Strömungskomponente erteilt.
- 5 16. Verfahren zum Laserschweißen eines Rohres (12, 14) entlang
seinem Innenumfang mit folgenden Merkmalen:
- a) Aus einem sich innerhalb einer in das Rohr (12, 14) ein-
geführten Sonde (1) im wesentlichen entlang ihrer
10 Längsachse ausbreitenden Laserstrahlbündel (57) wird ein
umgelenktes und auf eine Stelle am Innenumfang des Rohres
(14) fokussiertes Laserstrahlbündel (59) erzeugt,
- b) das Laserstrahlbündel (59) tritt durch eine Austritts-
15 öffnung (45) aus der Sonde (1) aus,
- c) der Sonde (1) wird ein Schutzgasstrom zugeführt, das in
ihrem Inneren in Richtung zur Austrittsöffnung (45) strömt,
wobei
20 d) ein Teil des Schutzgasstromes durch die Austrittsöffnung
(45) ausströmt und
- e) ein weiterer Teil vor Erreichen der Austrittsöffnung (45)
25 abgezweigt wird und mit einer axialen Strömungskomponente
in den zwischen dem Rohr (12, 14) und der Sonde (1) befind-
lichen Zwischenraum geleitet wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, d a d u r c h g e -
30 k e n n z e i c h n e t , daß von dem sich innerhalb der
Sonde (1) zur Austrittsöffnung (45) ausbreitenden Schutzgas-
strom innerhalb der Sonde (1) an der Austrittsöffnung (45) ein
weiterer Teilgasstrom mit einer axial gerichteten Strömungs-
komponente abgezweigt wird, der sich innerhalb der Sonde (1)
35 ausbreitet.

1 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17, d a-
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Laser-
strahlbündel (57) schräg zur Längsachse (10) der Sonde (1)
umgelenkt wird.

5

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, d a-
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß ein im
cw-Betrieb arbeitender Festkörperlaser verwendet wird.

10

15

20

25

30

35

1/4

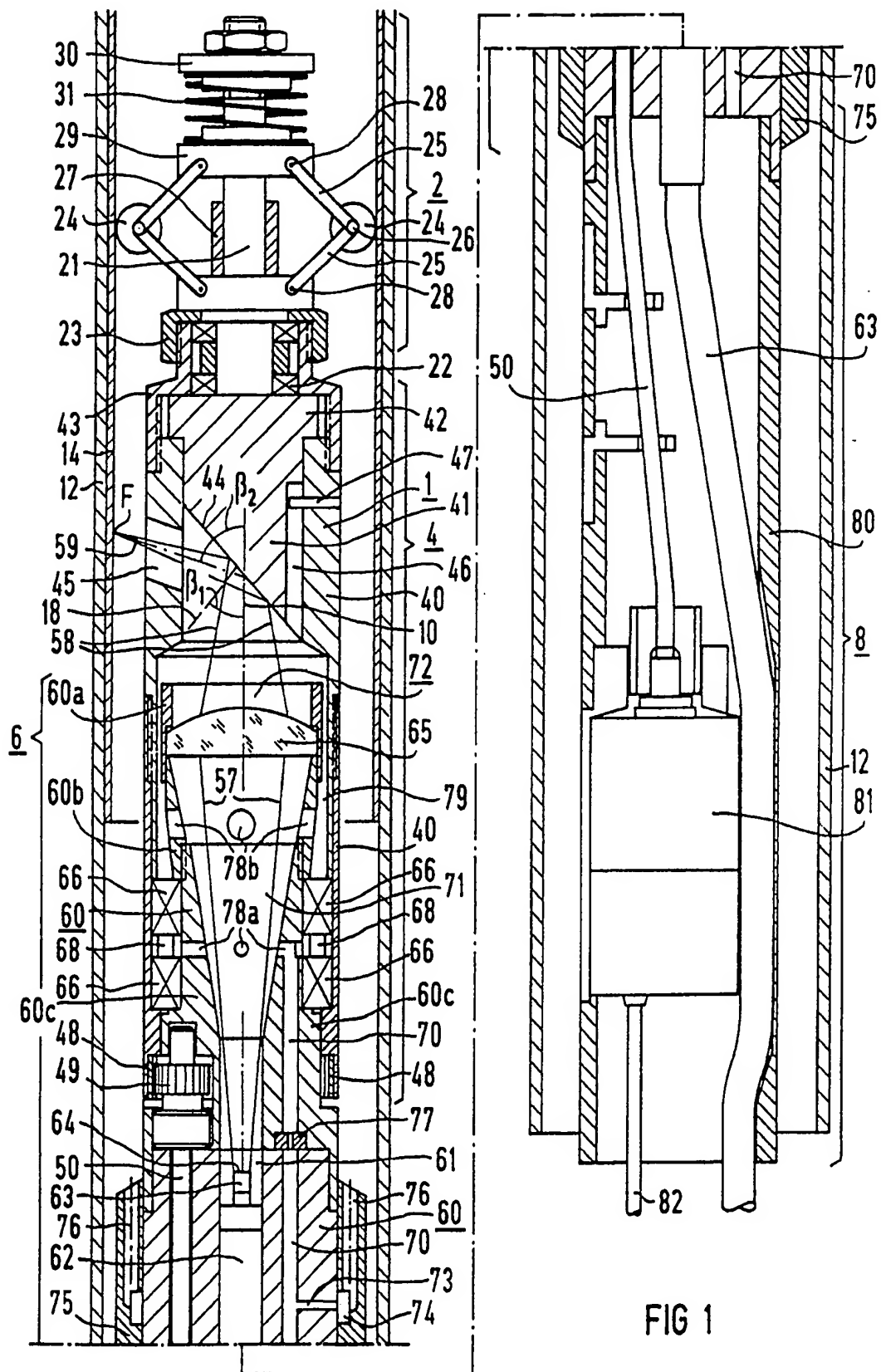


FIG 1

2/4

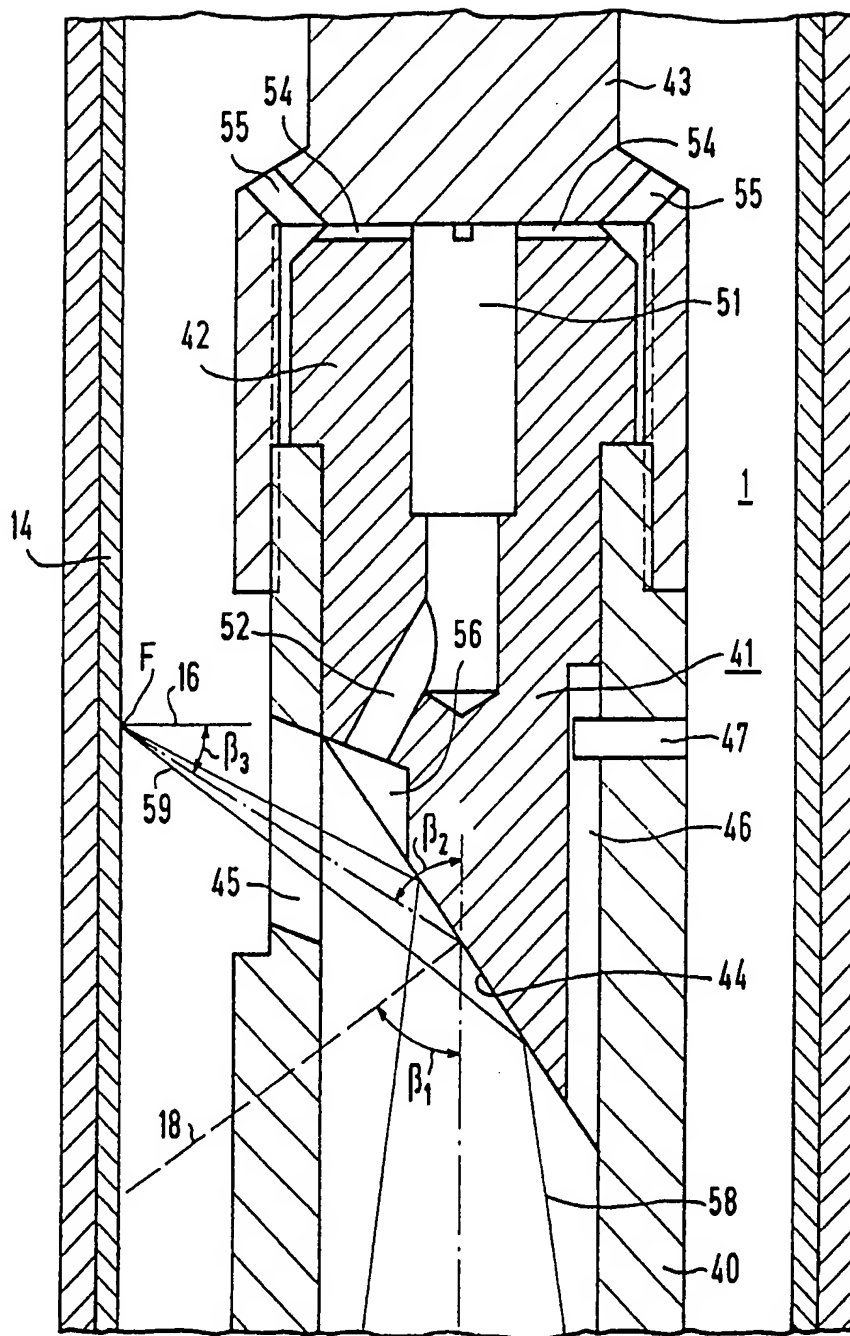


FIG 2

3/4

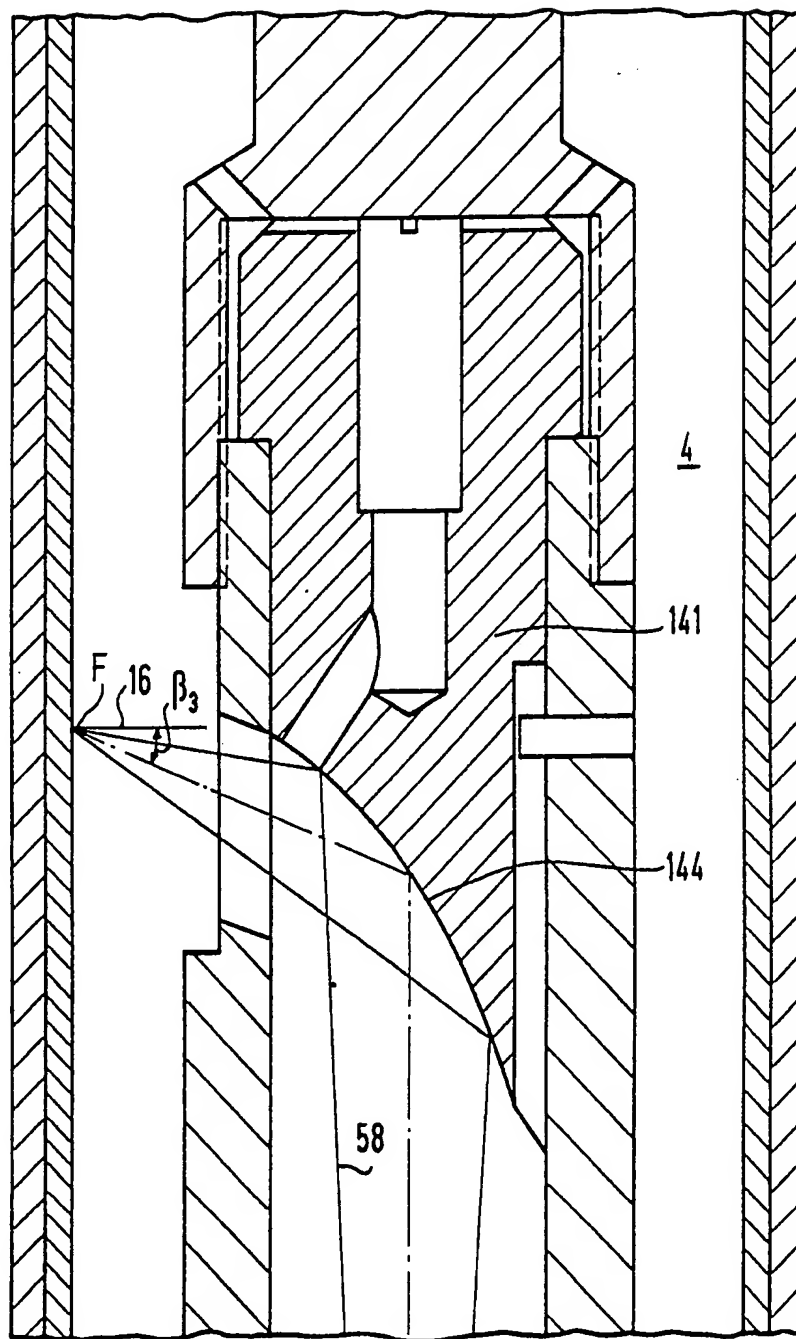


FIG 3

4/4

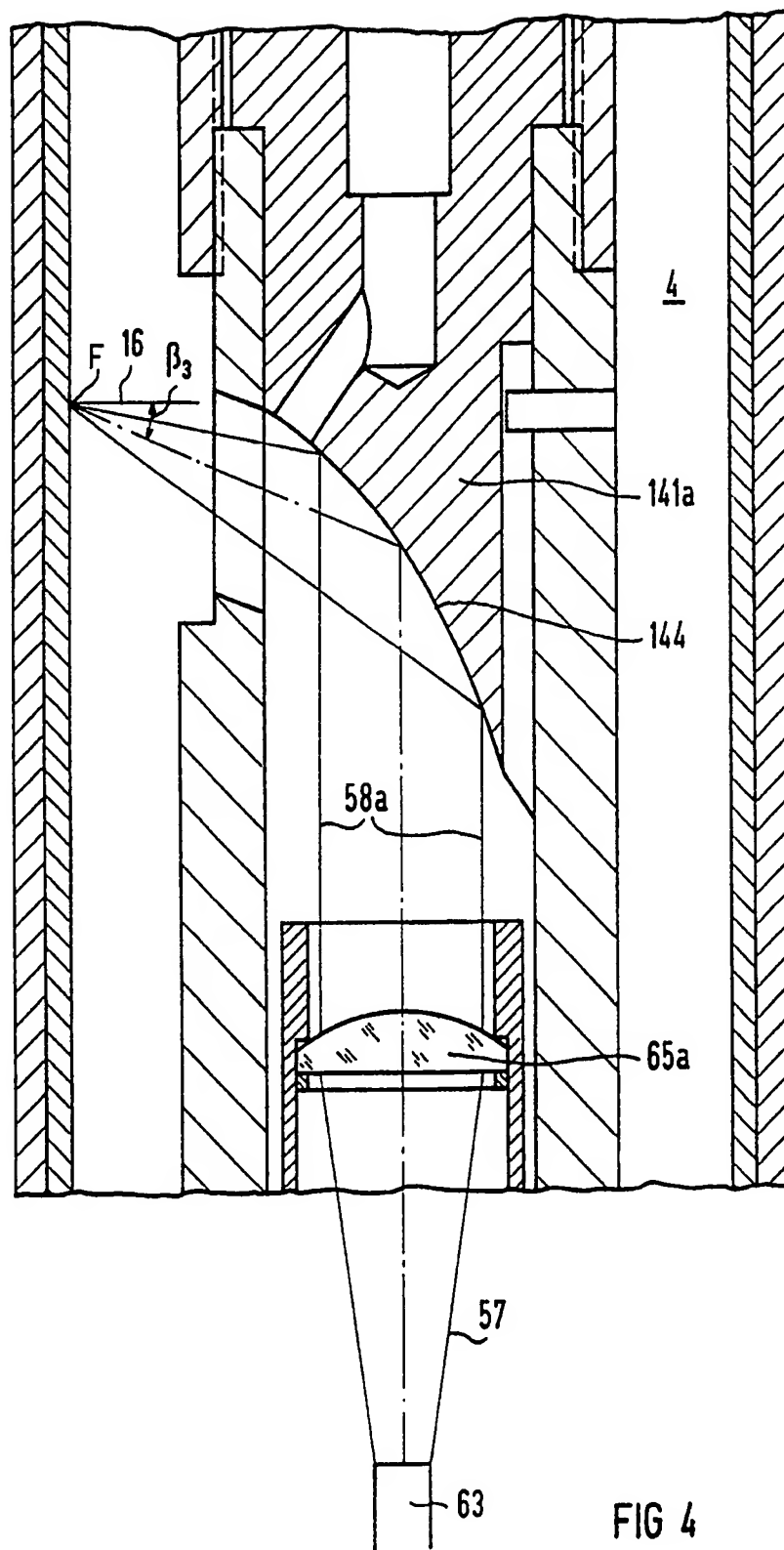


FIG 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 91/00598

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. ⁵ B 23 K 26/00. B 23 K 26/14		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System ⁱ	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁵ B 23 K		
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category [*]	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	EP. A, 0300458 (MITSUBISHI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 25 January 1989, (cited in the application) see the whole document -----	1.16
<p>[*] Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
24 October 1991 (24.10.91)		31 October 1991 (31.10.91)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
EUROPEAN PATENT OFFICE		

BEST AVAILABLE COPY

DE 9100598
SA 49381

-24/10/91


EP-A-0300458	25-01-89	JP-A-	1027789	30-01-89
		JP-A-	1027788	30-01-89
		US-A-	4839495	13-06-89

EPO FORM 1071

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/DE 91/00598

Internationales Aktenzeichen

I. KLASSEFIZIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Kl. 5 B23K26/00 ; B23K26/14		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Kl. 5	B23K	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹		
Art. ⁹	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	EP,A,0 300 458 (MITSUBISHI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 25. Januar 1989 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---	1,16
<p>¹⁰ Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen ¹⁰ :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
24. OKTOBER 1991	31. 10. 91	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
EUROPAISCHES PATENTAMT	ARAN D.D. 	

DE 9100598
SA 49381

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 1.1.2000. Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

EPO FORM P0473

BEST AVAILABLE COPY